

## تأثیر دندانه‌های گیاهی در رنگرزی نخ پشمی با روناس و اسپرک

زهرا احمدی

استادیار، دانشکده هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۵۹۱۶۳۴۳۱۱.  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۲ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۴۰۰/۴/۱۲

### چکیده

امروزه تحقیقات و پژوهش‌های فراوانی در حوزه رنگرزی منسوجات با استفاده از مواد رنگزای طبیعی در جهت حفظ محیط‌زیست از طریق کاهش استفاده از مواد تعاونی و مواد رنگزای شیمیایی، انجام شده است. مواد رنگزای گیاهی مختلفی در رنگرزی استفاده می‌شود. به دلیل گستردگی استفاده از دو گیاه روناس و اسپرک و متفاوت بودن ساختار شیمیایی این دو، در این تحقیق از آنها برای رنگرزی نخ پشمی و از اکالیپتوس و پوست انار که جز گیاهان تانن‌دار هستند، به عنوان دندانه استفاده شد. همچنین آلوئه‌ورا که دارای ساختار پلی‌فنولیک است، برای بهبود ثبات‌های عمومی و حفظ رنگ اصلی به کار رفت. براساس نتایج به دست آمده، مشخص شد که استفاده از اکالیپتوس و پوست انار تا میزان ۱۰٪، مقدار مورد نیاز از دندانه زاج سفید را تا حدود ۱٪ کاهش می‌دهد. اما برای فام‌های روشن مخصوصاً در مورد اسپرک روی فام نهایی تأثیرگذار هستند. استفاده از آلوئه‌ورا به عنوان دندانه گیاهی علاوه بر آنکه موجب حفظ رنگ اصلی ماده رنگزا می‌شود، استفاده از زاج سفید را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: دندانه گیاهی، دندانه فلزی، رنگرزی طبیعی، روناس، اسپرک.

## Effect of Herbal Mordants on Dyeing of Woolen Yarn with Madder & Weld

Z. Ahmadi

Faculty of Applied Arts, Department of carpet, Art University, P. O. Box: 1591634311, Tehran, Iran.

Received: 30-01-2019 Accepted: 23-09-2020 Available online: 03-07-2021

### Abstract

Today, many researches have been done in the field of textile dyeing using natural dyes for environmental protection by reducing the use of co-agent and synthetic dyes. Different herbal dyes are used in dyeing. Due to the widespread use of madder and weld dyes and the different chemical structure of these two dyes, madder and weld dyes were used to dye wool yarn and eucalyptus and pomegranate peel, which are tannins, were used as mordants. Aloe vera, which has a polyphenolic structure, was also used to improve dyeing fastness and preserve the original hue. Based on the results of experiments, it was found that the use of 10% eucalyptus and pomegranate peel reduces the amount of alum mordant to about 1%. They changed the hue of weld in the light color. The use of aloe vera as an herbal mordant had no effect on the final hue of dyes and significantly reduced the use of alum mordant. *J. Color Sci. Tech.* 15(2021), 87-101 © Institute for Color Science and Technology.

**Keywords:** Herbal mordants, Metal mordants, Natural dyeing, Madder, Weld.

## ۱- مقدمه

کاربرد مواد رنگزای طبیعی علاوه بر حفظ سلامت انسان، دلایل اقتصادی قابل توجهی نیز دارد. از جمله: توسعه و احیا زمین‌های بایر و کشت گیاهانی که مصرف صنعتی دارند؛ ایجاد اشتغال؛ جلوگیری از آلودگی‌های ناشی از کاربرد مواد شیمیایی و صرفه‌جویی ارزی و ارزش صادراتی این مواد. در قوانین برجسب‌گذاری سبز کالا از روش‌های بهبود خواص محصول، جایگزینی مواد سمی با انواع غیرسمی دوستدار محیط زیست و یا استفاده از فرآیندهایی با درجه آلودگی کمتر، به عنوان یک اصل مهم مطرح شده است. در راستای دستیابی به این هدف و برای استفاده تجاری موفق از مواد رنگزای طبیعی، نیاز به روش‌های رنگرزی مناسب و استاندارد، مطالعات عملی در زمینه رنگرزی، متغیرها و سازگاری مواد رنگزا با طبیعت و حذف مواد مضر از فرآیند رنگرزی طبیعی، وجود دارد [۱]. مواد رنگزای گیاهی به دلیل محلول بودن در آب و پیوند ضعیفی که با منسوج برقرار می‌نمایند، اغلب ثبات شستشویی پایینی دارند. لذا جهت افزایش ثبات شستشویی از دندانه‌ها که نمک فلزات چند ظرفیتی هستند، استفاده می‌شود. برخی از آنها رنگی هستند، مانند املاح مس، آهن، کرم، کبالت، و برخی دیگر بدون رنگ هستند، مانند املاح آلومینیم، قلع، روی و نیکل. این نمک‌ها که ظرفیت فلزی آنها زیاد است، در حمام رنگرزی، ترکیبی شیمیایی یا لاک‌مانند بین ماده رنگزا و لیف تشکیل می‌دهند که باعث نفوذ ماده رنگزا در داخل لیف می‌شود. نمک‌های فلزی به همه نوع الیاف می‌چسبند و با گروه‌های موجود در مواد رنگزای طبیعی، پیوند شیمیایی برقرار می‌کنند در نتیجه توسط اتصالات هم‌پایه یا پیوندهای هیدروژنی، تشکیل کمپلکس ماده رنگزا-دندانه-لیف می‌دهند. مواد رنگزا با قدرت کم، به واسطه این نمک‌ها ارتباطی محکم‌تر با الیاف برقرار کرده و هم‌چنین شیده‌های گوناگونی را تولید می‌کنند [۲، ۳]. اتم فلز روی سیستم الکترونی غیرمستقر در مولکول ماده رنگزا برهم‌کنش دارد. از آنجا که سطح انرژی فلزات نسبتاً پایین است بنابراین بر هم‌کنش آنها با سامانه غیرمستقر در پایین ترین سطح انرژی انجام‌پذیر است که تغییرات جذب در ماده رنگزا و انتقال نقطه بیشینه جذب به دلیل این پدیده می‌باشد. دندانه‌ها برخلاف بهبود ثبات‌ها گاهی منجر به تغییر فام ناخواسته و یا افزایش زبری زبردست کالا می‌شوند. استفاده از دندانه‌های فلزی به دلیل مشکلات زیست محیطی که به همراه دارند با محدودیت استانداردهای جهانی مواجه است. حتی برخی از آنها در اثر تماس با پوست و یا استنشاق بخار آنها مسمومیت‌هایی برای کاربر ایجاد می‌نماید به طور مثال استفاده از دندانه کرم که فلزی سرطان‌زا می‌باشد در صنایع ممنوع اعلام شده و یا استفاده از دندانه آهن به مقدار بیش از ۲٪ منجر به پوسیدگی زود هنگام منسوج می‌شود [۴، ۵].

دانشمندان پژوهش‌های متعددی را به منظور معرفی منابع جدید و یا بهبود کیفیت رنگرزی گیاهی از جمله نقش دندانه‌های مختلف

انجام داده‌اند [۸-۶]. در تحقیقی [۹] نخ‌های پشمی با برگ حنا و ریشه روناس پودر شده، رنگرزی شد. برای نتیجه بهتر رنگرزی از ۱٪ دندانه کلرید قلع استفاده گردید. نتایج نشان داد در مورد ماده رنگزای روناس استفاده از دندانه تغییر چندانی در فام رنگی ایجاد نمی‌کند اما کاربرد دندانه در بهبود ثبات سایشی و شستشویی و جذب ماده رنگزای حنا، تاثیر زیادی دارد. مویز و همکارانش در رنگرزی کلاف پشمی با چای، مقدار ۵ تا ۱۰٪ از دندانه‌های مس، آلومینیم، قلع و آهن برای انجام فرآیند رنگرزی استفاده کردند. نتایج، ثبات‌های ضعیف‌تری را برای دندانه آلومینیم نشان داد زیرا دندانه آلومینیم نسبت به مس و آهن پیوند ضعیف‌تری با الیاف ایجاد می‌کند. در صورتی که مقدار K/S بیشتری در نتایج رنگ‌سنجی حاصل شد و در بین روش‌های مختلف رنگرزی، روش دندانه-رنگرزی هم‌زمان (متا کرم) نتایج جذب ماده رنگزای بیشتری را برای هر سه دندانه نشان داد [۱۰]. استفاده از تانن‌های طبیعی برای افزایش ثبات‌های رنگرزی تاریخچه طولانی دارد. تانن‌های استخراج شده از گیاهان به عنوان دندانه گیاهی نتایج خوبی در رنگرزی گیاهی حاصل نموده‌اند. گیاهان "تان‌دار" حاوی مقداری تانن (اسید تانیک) هستند. مقدار اسید تانیک موجود در پوست گردو بین ۳۰ تا ۳۵ درصد می‌باشد. در حالی که این مقدار در سایر گیاهان تانن دار متفاوت است. از گیاهان تانن داری که بدون نیاز به دندانه در رنگرزی استفاده می‌شوند می‌توان به پوست گردو، پوست انار، هلیه، جفت، اکالیپتوس و غیره اشاره کرد [۱۴-۱۱]. تانن‌های استخراج شده گیاهی دارای ترکیبات آب‌دوست مثل پلی‌فنولیک‌ها با جرم مولکولی بالا، گلوکانین‌های قابل آبکافت شدن، اسید تانیک‌ها و ترکیبات غیرتانن دار نظیر فلاونوئیدها هستند. به دلیل جرم بالای ترکیبات فنلی (تانن‌ها) و آب‌دوست بودن آنها تمایل زیادی در واکنش‌های فنولی و چیلاته نمودن فلزات دارند. از ترکیبات تانن‌دار و یا دندانه‌های فلزی در رنگرزی پنبه و پشم با مواد رنگزای کاتیونی نیز استفاده شده است [۱۶، ۱۵].

پژوهشگران از تانن‌های طبیعی استخراج شده از بقم و هلیله برای افزایش ثبات‌های تر کالای نایلونی استفاده نمودند در تحقیقی [۱۷] از اسید تانیک برای دندانه دادن نخ پشمی استفاده شد که نتایج ثبات شستشویی ضعیف، ثبات مالشی متوسط و ثبات در برابر نور قوی بود. اما کاربرد دندانه دی‌کرومات سدیم در روش دندانه پس از رنگرزی، ثبات‌های خوبی ایجاد نمود. برای جبران کاهش ثبات شستشویی در استفاده از اسید تانیک و کاهش ضررهای زیست‌محیطی دندانه کرم، محققین از سولفات آهن استفاده نمودند که نتایج خیلی خوبی در عمق رنگی و ثبات‌های عمومی حاصل شد. از پوست انبه به عنوان دندانه گیاهی استفاده و مشخصه‌های رنگی و ثبات‌های عمومی روی نمونه‌های رنگرزی شده بدون دندانه، با دندانه سولفات مس و دندانه استخراج شده از پوست انبه با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد

حضور دندان‌های فلزی و یا گیاهان تان‌دار در حضور اسید تانیک و یا دندان‌های فلزی را مورد بررسی قرار دادند. استفاده از گیاهان تان‌دار به عنوان جایگزین دندان فلزی مورد مطالعه مستقیم قرار نگرفته است. بنابراین هدف اصلی این تحقیق، معرفی جایگزین‌های گیاهی به جای دندان‌های معدنی است. با توجه به اهمیت مطالعه گیاهان رنگزای بومی ایران، رنگ‌رزی کالای پشمی با دو گیاه اسپرک و روناس در حضور گیاهان تان‌دار انار و اکالیپتوس و گیاه آلوئه‌ورا به‌عنوان دندان و دندان‌های فلزی آلومینیم و قلع انجام گرفت. دلیل انتخاب دو گیاه روناس و اسپرک، یکی گستردگی استفاده از این دو گیاه استفاده زیاد از گیاه روناس و اسپرک در رنگ‌رزی نخ پشمی مورد مصرف در فرش دستباف، ساختار شیمیایی متفاوت ماده رنگزای موجود در اسپرک و روناس، تأثیرپذیری فام رنگی اسپرک از گیاهان تان‌دار و دندان‌های معدنی و ثبات‌های نوری متفاوتشان بود.

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- مواد

بشر (به عنوان حمام رنگ‌رزی)، هم‌زن شیشه‌ای، دماسنج، پیپت، گرم‌کن برقی، ماده رنگزای روناس و اسپرک (بزد)، اکالیپتوس، پوست انار و آلوئه‌ورای تازه (تهران)، نخ پشمی نمره ۲۰ متریک سیرجانی، دندان زاج سفید، (سولفات مضاعف آلومینیم پتاسیم و کلرید قلع) آزمایشگاهی (از شرکت مرک)، اسید اگزالیک، اسیداستیک آزمایشگاهی (از شرکت مرک)، صابون استاندارد ۵ gr/lit (نیکوزن، SDN، از شرکت نیک فام شیمی) تهیه گردید. دستگاه سنجش ثبات نوری نمونه‌ها ساخت شرکت ریس‌سنج و دستگاه کالریمتری مدل Greatag Macbeth Colour بر مبنای منبع استاندارد D<sub>65</sub> و ارزیابی میزان روشنایی کالاها تحت سیستم \*a\* b\* L\* CIE برای ارزیابی استفاده شد.

### ۲-۲- روش کار

رنگ‌رزی تمام نمونه‌ها با دو ماده رنگزای اسپرک و روناس در حضور دندان فلزی سفید و گیاهی به منظور یافتن نسخه بهینه جهت جایگزینی دندان فلزی با دندان گیاهی انجام گرفت. از آنجا که هدف تأثیر دندان در ثبات‌ها و جایگزینی نوع فلزی با گیاهی بوده است، بنابراین دندان زاج سفید و کلرید قلع انتخاب شدند که در فام نهایی نمونه‌ها بی‌تأثیر یا دارای کمترین تأثیر باشد. انتخاب نمونه‌ها در ابتدا بر مبنای عدم تأثیر دندان در رنگ نهایی نمونه بوده است. در اولویت دوم تأثیر دندان بر ثبات‌ها مد نظر قرار گرفت و نمونه‌ای که کم‌ترین کاهش در ثبات‌های تر و یا نوری را نشان داد به عنوان نسخه بهینه معرفی شد. از پوست انار و اکالیپتوس گیاهان تان‌دار و آلوئه‌ورا که یک گیاه با ساختار پلی فنولیک و بدون تانن و رنگدانه بود به عنوان دندان گیاهی استفاده شد. رنگ‌رزی‌ها به سه روش پیش دندان، دندان

که کاربرد ماده استخراج شده از پوست انبه کارآیی خوبی به عنوان دندان دارد و نتایج برای روش پس دندان بهتر از روش پیش دندان بود. در تحقیق دیگری از روغن‌های طبیعی به جای دندان استفاده شده است [۱۸] همچنین در پژوهش دیگری از اسید تانیک برای ایجاد محیط اسیدی رنگ‌رزی گیاهی کالای پنبه‌ای استفاده شد. در پژوهش انجام شده، اسید تانیک به کار گرفته شده نقش دندان را نیز ایفا نموده و رنگ‌رزی در غیاب دندان‌های فلزی انجام شد. این تحقیق نتایج قابل قبولی از ثبات‌های رنگ‌رزی و مقادیر رنگی پارچه پنبه‌ای رنگ‌رزی شده در حضور اسید تانیک را گزارش نموده است [۱۹]. همچنین در تحقیق دیگری نقش دندان در استحکام و پایداری رنگی چند ماده رنگزای گیاهی در اوگاندا بررسی شد [۲۰]. هدف از اجرای این تحقیق یافتن جایگزین‌های گیاهی برای انواع مواد رنگزای مصنوعی بود چرا که این ترکیبات حدوداً به میزان ۱۰ میلیون تن در سال استفاده می‌شوند که پساب‌های مرحله رنگ‌رزی و شستشو، محتوی مواد شیمیایی مضر برای محیط‌زیست و سلامتی موجودات زنده می‌باشند. در تحقیق دیگری [۲۱] کالای پشمی با ماده رنگزای گیاهی از خانواده فلاونوئیدها، تان‌ها و کوئرستین رنگ‌رزی شدند. کیفیت کالای رنگ‌رزی شده با نمونه‌هایی که با اکالیپتوس رنگ‌رزی شده بودند، مقایسه شد. نتایج تحقیق نشان داد استفاده از اکالیپتوس می‌تواند نقش دندان را به خوبی ایفا نموده و ثبات‌های عمومی خوبی را حاصل کند البته تا حدودی فام رنگی را تغییر می‌دهد. همچنین تأثیر هلیله به عنوان ماده رنگزا و دندان طبیعی در پژوهش دیگری مورد توجه قرار گرفت که نشان داد، ماده رنگزای استخراج شده از هلیله با فام قرمز رنگ، می‌تواند به عنوان دندان گیاهی استفاده شود. ثبات‌های ایجاد شده روی پارچه رنگ‌رزی شده با این دندان در مقایسه با نمونه رنگ‌رزی شده در حضور دندان‌های فلزی قابل قبول بودند [۲۲].

امروزه از گیاه آلوئه‌ورا در صنایع مختلف دارویی، بهداشتی، غذایی و حتی نساجی استفاده می‌شود. ترکیبات شیمیایی گیاه آلوئه‌ورا شامل موادی نظیر آلونین، فامودین، آنتراکینون، ایزوباربالونین می‌باشد. این گیاه به دلیل ساختار پلی فنولیک که می‌تواند تعداد پیوندهای زیادی با الباف ایجاد کند، قابلیت استفاده به عنوان دندان در چاپ گیاهی را از خود نشان داده است [۲۳، ۲۴].

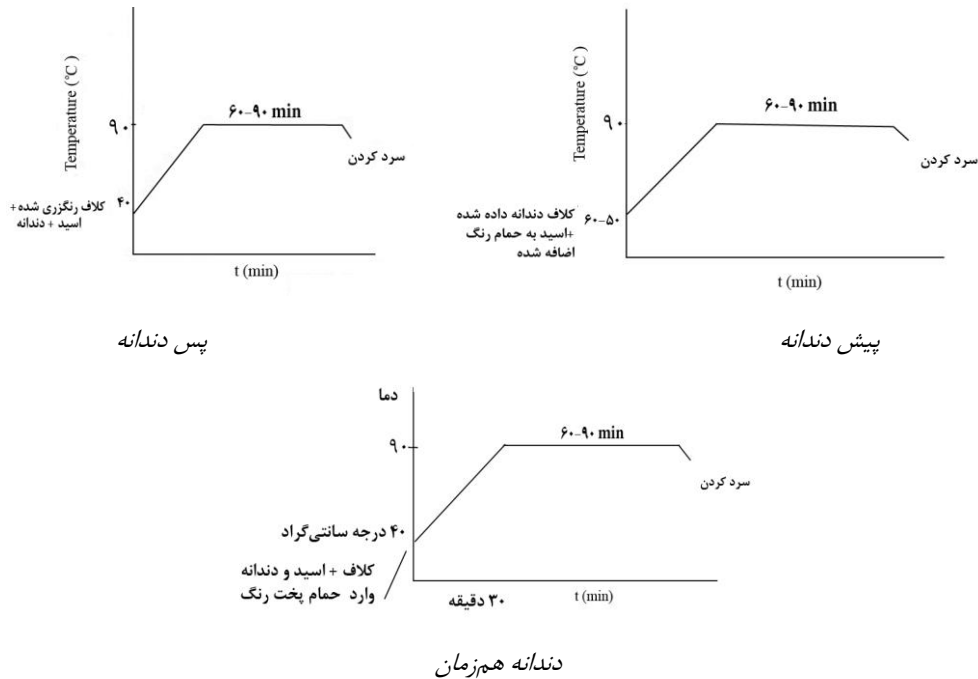
برخلاف تأثیر خوبی که دندان‌های معدنی در افزایش ثبات‌های عمومی رنگ‌رزی و تولید فام‌های متنوع از یک ماده رنگزا را دارند، مشکلات زیست‌محیطی را به همراه دارند. باقی‌ماندن فلزات سنگین نظیر مس و کرم در محیط که از طریق پساب رنگ‌رزی وارد محیط‌زیست شده و غیرقابل تجزیه هستند، مشکلات زیست‌محیطی را ایجاد می‌کند که برای موجودات زنده خطرناک است. فلزات سنگین اگر به مقدار زیاد استفاده شوند منجر به زبری سطح منسوج و گاهی اوقات سبب کدری رنگ و کاهش شفافیت رنگ می‌شوند. در پژوهش‌های مطالعه شده، دانشمندان اغلب نقش اسید تانیک در

دندانه‌های گیاهی که روی فام رنگی تأثیر می‌گذاشتند به کم‌ترین مقدار که ثبات‌های شستشویی قابل قبولی ایجاد نمایند، به کار گرفته شدند و برای بهبود ثبات‌ها مقدار اندکی از دندانه‌های معدنی اضافه شد. نمودار رنگ‌رزی به هر سه روش در شکل ۱ نشان داده شده است. نسخه رنگ‌رزی‌های انجام شده با دو ماده رنگ‌زای گیاهی اسپرک و روناس با درصدهای متفاوت از مواد رنگزا به همراه دندانه‌های فلزی و گیاهی به شرح جدول ۱ هستند.

رنگ هم‌زمان و پس دندانه مطابق نمودارهای شکل ۱ اجرا شد. در روش پیش‌دندانه، مقدار اسید استفاده شده در مرحله دندانه دادن ۴٪ و در مرحله رنگ‌رزی ۳٪ بود. در روش هم‌زمان از اسید به میزان ۴٪ استفاده شد. در روش پس‌دندانه، اسید در مرحله دندانه دادن ۳٪ و در مرحله رنگ‌رزی ۴٪ استفاده شد. رنگ‌رزی‌ها به هر سه روش با دندانه گیاهی (اکالیپتوس، پوست انار و آلوئه‌ورا) و دندانه فلزی انجام شدند. مقدار بیشتر از ۱۰٪ از دو گیاه پوست انار و اکالیپتوس تأثیر فاحشی روی فام رنگی، مخصوصاً برای اسپرک نشان داد. بنابراین

جدول ۱: نسخه‌های رنگ‌رزی و دندانه دادن با رنگ‌زای گیاهی روناس.

شماره نمونه	نسخه رنگ‌رزی	شماره نمونه	نسخه رنگ‌رزی
۱	روناس ۱۰٪ + اسید استیک ۴٪	۲۷	روناس ۳۰٪ + اکالیپتوس ۱۰٪
۲	روناس ۱۰٪ + پوست انار ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪	۲۸	روناس ۳۰٪ + اکالیپتوس ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪ + زاج سفید ۰,۳٪
۳	روناس ۱۰٪ + زاج سفید ۴٪ + اسیداستیک ۴٪	۲۹	اکالیپتوس ۱۰۰٪
۶	روناس ۳۰٪ + زاج سفید ۴٪ + اسیداستیک ۴٪	۳۰	آلوئه‌ورا ۳۰٪
۷	روناس ۳۰٪ + پوست انار ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪	۳۱	آلوئه‌ورا ۳۰٪ + اسیداستیک ۴٪
۸	پوست انار ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪	۳۲	آلوئه‌ورا ۱۵۰٪
۹	روناس ۱۰٪ + پوست انار ۱۰٪	۳۳	آلوئه‌ورا ۳۰٪ + روناس ۱۰٪
۱۰	روناس ۷۰٪ + زاج سفید ۴٪ + اسیداستیک ۴٪	۳۴	آلوئه‌ورا ۳۰٪ + روناس ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪
۱۱	روناس ۷۰٪ + انار ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪	۳۵	آلوئه‌ورا ۳۰٪ + روناس ۳۰٪
۱۲	روناس ۱۰٪	۳۶	آلوئه‌ورا ۳۰٪ + روناس ۷۰٪ + اسیداستیک ۴٪
۱۳	انار ۱۰٪	۳۷	آلوئه‌ورا ۳۰٪ + روناس ۷۰٪
۱۴	روناس ۷۰٪ + انار ۱۰٪	۳۸	روناس ۳۰٪ + آلوئه‌ورا ۳۰٪ + اسیداستیک ۴٪ + زاج سفید ۰,۳٪
۱۵	روناس ۳۰٪ + انار ۱۰٪	۳۹	روناس ۷۰٪ + آلوئه‌ورا ۳۰٪ + اسیداستیک ۴٪ + زاج سفید ۰,۷٪
۱۶	روناس ۱۰٪ + انار ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪ + زاج سفید ۰,۱٪	۴۰	روناس ۷۰٪ + اکالیپتوس ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪ + کلرید قلع ۰,۷٪
۱۷	روناس ۳۰٪ + انار ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪ + زاج سفید ۰,۳٪	۴۱	روناس ۷۰٪ + اکالیپتوس ۲۰٪ + اسیداستیک ۴٪
۱۸	روناس ۷۰٪ + انار ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪ + زاج سفید ۰,۷٪	۴۲	روناس ۷۰٪ + اکالیپتوس ۲۰٪ + اسیداستیک ۴٪ + زاج سفید ۰,۳٪
۱۹	روناس ۷۰٪ + انار ۲۰٪	۴۳	روناس ۷۰٪ + اکالیپتوس ۲۰٪ + اسیداستیک ۴٪ + کلرید قلع ۰,۳٪
۲۰	روناس ۱۰٪ + اکالیپتوس ۱۰٪	۴۴	روناس ۷۰٪ + اکالیپتوس ۳۰٪ + اسیداستیک ۴٪
۲۱	اکالیپتوس ۱۰٪	۴۵	روناس ۷۰٪ + اکالیپتوس ۲۰٪ + زاج سفید ۰,۳٪
۲۲	روناس ۱۰٪ + اکالیپتوس ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪	۴۶	روناس ۷۰٪ + اکالیپتوس ۲۰٪ + کلرید قلع ۰,۳٪
۲۳	روناس ۷۰٪ + اکالیپتوس ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪	۴۷	روناس ۷۰٪ + اکالیپتوس ۳۰٪ + اسیداستیک ۴٪
۲۴	روناس ۱۰٪ + اکالیپتوس ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪ + زاج سفید ۰,۷٪	۴۸	روناس ۷۰٪ + اکالیپتوس ۲۰٪ + زاج سفید ۰,۷٪
۲۵	اکالیپتوس ۱۰٪ + اسیداستیک ۴٪	۴۹	روناس ۷۰٪ + آلوئه‌ورا ۳۰٪ + زاج سفید ۰,۷٪
۲۶	روناس ۷۰٪ + اکالیپتوس ۱۰٪		



شکل ۱: نمودارهای رنگ‌رزی

### ۳- نتایج و بحث

پس از اینکه نمونه‌ها با نسخه‌های پیشنهادی رنگ‌رزی شدند سنجش پارامترهای رنگی و نیز اندازه‌گیری ثبات‌های عمومی روی آن‌ها انجام شد. پس از مشاهده فام رنگی نمونه‌ها و نتایج ثبات شستشویی، ثبات نوری نمونه‌های منتخب اندازه‌گیری شدند که برای همه‌ی نمونه‌ها ثبات نوری بین ۵ تا ۶ بود. نتایج رنگ‌سنجی و اندازه‌گیری مقادیر ثبات‌ها به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. از آنجایی که در فرش دستباف رنگ‌های روشن در کنار رنگ‌های تیره قرار دارند، در صورتی که ماده رنگزایی با ثبات شستشویی پایین به کار گرفته شود، هنگام شور قالی از روی کالا بلند شده و در قسمت‌های روشن (نخ پشمی خود رنگ یا با رنگ روشن در سایر قسمت‌های فرش و یا نخ ریشه پنبه‌ای) ایجاد لکه می‌کند، به این دلیل علاوه بر ثبات شستشویی ثبات‌های لکه‌گذاری نیز اندازه‌گیری شدند. در برخی از نسخه‌های رنگ‌رزی، ماده رنگزای پوست انار و اکالیپتوس که به عنوان دندان گیاهی استفاده شدند، روی فام رنگی تاثیر گذاشتند. در نسخه‌های بعدی از مقدار گیاهان تانن‌دار کم و مقداری از دندان معدنی به نسخه اضافه شد. ثبات‌های نمونه‌های رنگ‌رزی شده روی تمام نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج قابل قبولی حاصل شد. زیرا در فرآیند سنتی رنگ‌رزی طبیعی برای نخ‌های پرز قالی از کمینه ۱۰ درصد دندان‌های معدنی استفاده می‌شود در صورتی که در این تحقیق مقدار آنها به کمتر از ۱٪ تقلیل یافت. فام رنگی نمونه‌های نخ پشمی رنگ‌رزی شده با روناس در شکل ۲ نشان داده شده است.

بعد از اینکه رنگ‌رزی نخ پشمی با نسخه‌های ذکر شده در جدول‌های ۱ و ۲ انجام شده، اولین اولویت انتخاب نمونه‌ها فام رنگی آن‌ها بود، بنابراین نمونه‌هایی که از نظر فام رنگی تغییر خیلی زیادی نسبت به فام اصلی روناس و اسپرک نشان دادند، از مسیر پژوهش خارج شده و کنار گذاشته شدند. نمونه‌های ۱۳، ۲۱، ۲۹، ۳۰ و ۳۲ جهت یافتن رنگ نهایی دندان‌های مورد استفاده روی نخ پشمی بود. در مطالعات پیشین، بهترین اسید برای روناس، اسید استیک معرفی شده بود لذا جهت تامین محیط اسیدی برای رنگ‌رزی یا دندان دادن، فقط اسید استیک مد نظر قرار گرفت.

پس از اتمام آزمایشات و انتخاب نمونه‌های مطلوب، ثبات‌های شست‌وشویی، لکه‌گذاری مطابق روش استاندارد ISO 105 CO3:1993 و ISO 105 CO4:1993 و ثبات نوری مطابق روش ISO 105 BO2:2014 برای نمونه‌ها انجام شد. مختصات رنگی نمونه‌ها به همراه مقدار بیشینه جذب در سامانه رنگی CIE  $L^*a^*b^*$  تحت مشاهده‌کننده ۱۰ درجه و منبع نوری D65 محاسبه شد. مقادیر انعکاس طیفی نمونه‌ها در محدوده مرئی بین ۴۰۰-۷۰۰ نانومتر تهیه شد. همچنین مقادیر جذب طیفی نمونه‌ها مطابق رابطه ۱ (رابطه کیوبلکا-مانک) محاسبه شد.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (1)$$

جدول ۲: نسخه‌های رنگریزی و دندانان دادن با ماده رنگزای گیاهی اسپرک.

شماره نمونه	نسخه رنگریزی	شماره نمونه	نسخه رنگریزی	شماره نمونه	نسخه رنگریزی
۱	اسپرک ۳۰٪+اسید استیک ۴٪	۱۸	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+ زاج سفید ۰,۳٪	۳۴	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+ زاج سفید ۰,۲٪
۲	اسپرک ۳۰٪+انار ۱۰٪+اسید استیک ۴٪	۱۹	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+ زاج سفید ۰,۵٪	۳۵	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+ زاج سفید ۰,۵٪
۳	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۴٪+اسید استیک ۴٪	۲۰	اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪+اسید استیک ۴٪+زاج سفید ۰,۷٪	۳۶	آلوه‌ورا ۳۰٪+زاج سفید ۰,۱٪+اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪+زاج سفید ۰,۳٪
۴	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۴٪+اسید استیک ۴٪	۲۱	اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪+اسید استیک ۴٪	۳۷	زاج سفید ۰,۳٪+اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪
۵	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۴٪+اسید استیک ۴٪	۲۲	نمونه ۱۱ با آمونیاک به مدت ۵ دقیقه واکنش داد	۳۸	زاج سفید ۰,۵٪+اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪
۶	اسپرک ۳۰٪+انار ۱۰٪	۲۳	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۰,۷٪	۳۹	زاج سفید ۰,۱٪+اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪
۷	اسپرک ۳۰٪	۲۴	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+اسید استیک ۴٪+زاج سفید ۰,۷٪	۴۰	زاج سفید ۰,۵٪+اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪
۸	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪	۲۵	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۰,۷٪	۴۱	اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪+زاج سفید ۰,۲٪
۹	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+اسید استیک ۴٪+زاج سفید ۰,۷٪	۲۶	اسپرک ۵۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+زاج سفید ۰,۱٪	۴۲	اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪+زاج سفید ۰,۲,۵٪
۱۰	اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪	۲۷	اسپرک ۳۰٪+انار ۱۰٪+زاج سفید ۰,۷٪	۴۳	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۰,۲,۵٪
۱۱	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+زاج سفید ۰,۷٪	۲۸	اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪+زاج سفید ۰,۷٪	۴۴	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۰,۱٪
۱۲	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۲۰٪+زاج سفید ۰,۷٪	۲۹	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+زاج سفید ۰,۱٪	۴۵	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۰,۳٪
۱۳	اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪+زاج سفید ۰,۷٪	۳۰	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+زاج سفید ۰,۱,۵٪	۴۶	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۰,۵٪
۱۴	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+اسید استیک ۴٪+زاج سفید ۰,۷٪	۳۱	اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪+اسید استیک ۴٪+زاج سفید ۰,۷٪	۴۷	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۰,۱٪
۱۵	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+اسید گزالیک ۴٪+زاج سفید ۰,۷٪	۳۲	اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪+اسید گزالیک ۴٪+زاج سفید ۰,۷٪	۴۸	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۰,۱,۵٪
۱۶	اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+اسید سیتریک ۴٪+زاج سفید ۰,۷٪	۳۳	اسپرک ۳۰٪+آلوه‌ورا ۳۰٪+اسید استیک ۴٪+زاج سفید ۰,۷٪	۴۹	اسپرک ۳۰٪+زاج سفید ۰,۲٪
۱۷			اسپرک ۳۰٪+اکالیپتوس ۱۰٪+زاج سفید ۰,۷٪		

جدول ۳: ثبات‌های عمومی نخ پشمی رنگرزی شده با روناس.

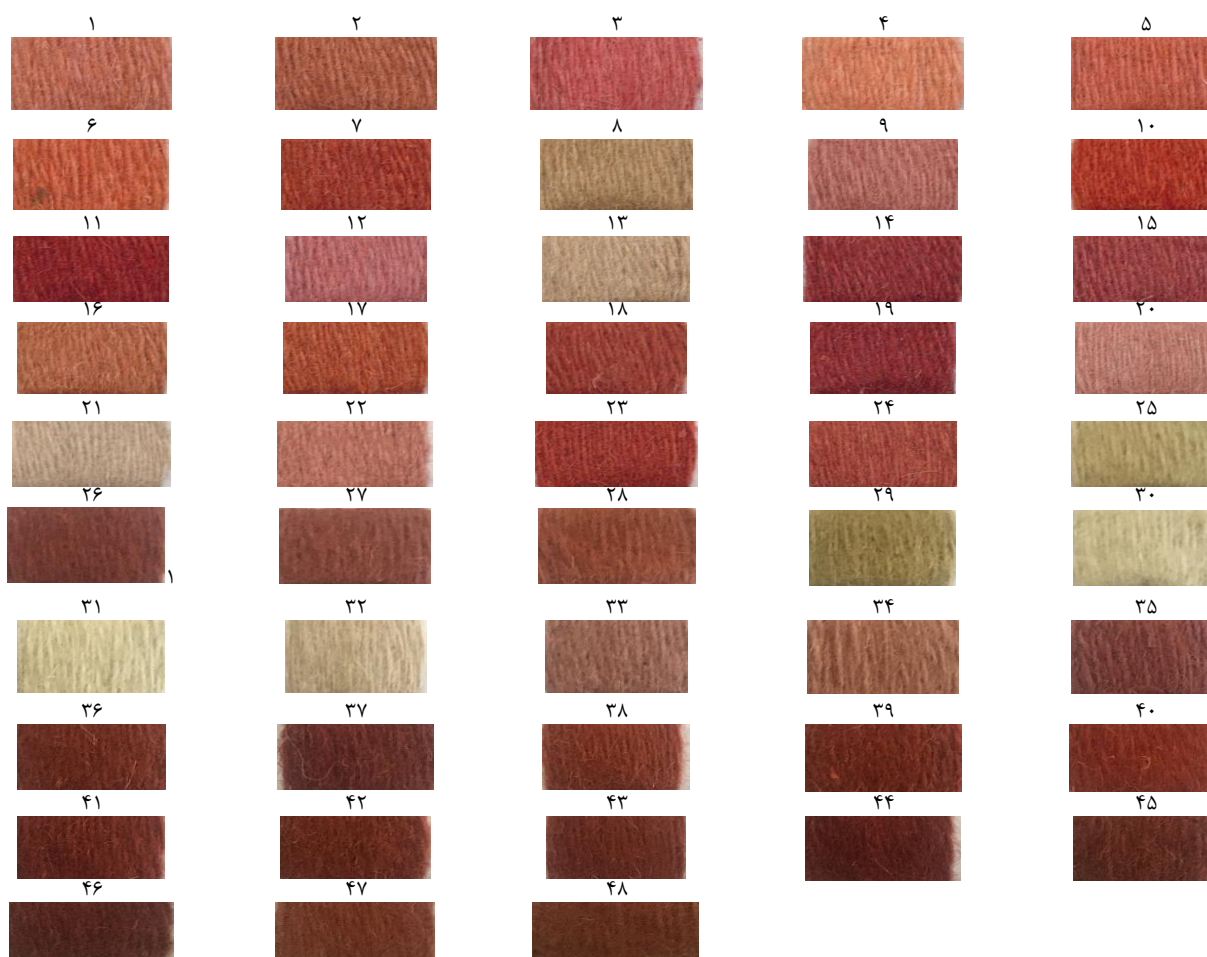
نمونه رنگرزی شده با (روناس)	ثبات لکه‌گذاری روی پنبه	ثبات لکه‌گذاری روی پشم	ثبات لکه‌گذاری روی پنبه	نمونه رنگرزی شده با (روناس)	ثبات نوری	ثبات شستشویی	ثبات لکه‌گذاری روی پشم	ثبات لکه‌گذاری روی پنبه	نمونه رنگرزی شده با (روناس)
۱	۵-۴	۴	۵-۴	۲۷	۶-۵	۵-۴	۴	۵-۴	۶-۵
۲	۵-۴	۴-۳	۵-۴	۲۸	۶-۵	۵-۴	۴-۳	۵-۴	۶
۳	۵	۵-۴	۵	۳۱	۶-۵	۵	۵-۴	۵	۶-۵
۷	۴	۳	۵-۴	۳۳	۶-۵	۵-۴	۳	۴	۶-۵
۸	۵	۵-۴	۵-۴	۳۴	۶-۵	۵-۴	۵-۴	۵	۶-۵
۹	۵	۵-۴	۵-۴	۳۵	۶-۵	۵-۴	۵-۴	۵	۶-۵
۱۰	۵-۴	۵	۴	۳۶	۷-۶	۵	۵-۴	۵-۴	۶-۵
۱۱	۴	۳	۵-۴	۳۷	۶-۵	۵-۴	۳	۴	۶-۵
۱۴	۵-۴	۳	۵-۴	۳۸	۶-۵	۴	۳	۵-۴	۶-۵
۱۵	۵-۴	۴-۳	۴	۳۹	۶-۵	۴-۳	۴-۳	۵-۴	۶-۵
۱۶	۵-۴	۴-۳	۵-۴	۴۰	۶-۵	۵-۴	۴-۳	۵-۴	۶-۵
۱۷	۴	۴-۳	۴	۴۱	۶-۵	۵-۴	۴-۳	۴	۵
۱۸	۵-۴	۴	۵-۴	۴۲	۶	۵-۴	۴	۵-۴	۵
۱۹	۵-۴	۳	۵-۴	۴۳	۶-۵	۴	۳	۵-۴	۵
۲۰	۵	۵-۴	۴	۴۴	۶-۵	۵-۴	۵-۴	۵	۵
۲۲	۵-۴	۴	۵-۴	۴۶	۶-۵	۵-۴	۴	۵-۴	۵
۲۳	۴	۵-۴	۵-۴	۴۷	۶-۵	۵-۴	۳	۴	۵
۲۴	۵-۴	۴	۵-۴	۴۸	۶-۵	۵-۴	۴	۵-۴	۵
۲۵	۵	۵-۴	۵-۴	۴۹	۵	۵-۴	۵	۵	۶
۲۶	۵-۴	۴-۳	۶-۵			۴-۳	۴-۳	۵-۴	

جدول ۴: ثبات‌های عمومی نخ پشمی رنگرزی شده با اسپرک.

نمونه رنگرزی شده با اسپرک	ثبات لکه‌گذاری روی پنبه	ثبات لکه‌گذاری روی پشم	ثبات لکه‌گذاری روی پنبه	نمونه رنگرزی شده با اسپرک	ثبات نوری	ثبات شستشویی	ثبات لکه‌گذاری روی پشم	ثبات لکه‌گذاری روی پنبه	نمونه رنگرزی شده با اسپرک
۱	۵	۵-۴	۵	۲۵	۶-۵	۵-۴	۵-۴	۵	۵
۲	۵	۴	۵	۲۶	۶-۵	۵-۴	۴	۵	۶-۵
۳	۵	۵-۴	۵	۲۷	۶-۵	۵-۴	۵-۴	۵	۵
۴	۵	۵-۴	۵	۲۸	۶-۵	۵-۴	۵-۴	۵	۵
۵	۵	۵-۴	۵	۲۹	۶-۵	۵-۴	۵-۴	۵	۵
۶	۵	۵	۵	۳۰	۶-۵	۵-۴	۵	۵	۵
۷	۴	۳	۵	۳۱	۶-۵	۴	۳	۴	۶-۵
۸	۵	۵	۵	۳۲	۵	۵-۴	۵	۵	۶-۵
۹	۵	۵-۴	۵	۳۳	۵	۵-۴	۵-۴	۵	۶-۵
۱۰	۵	۵	۵	۳۴	۵	۴	۵	۵	۵
۱۱	۵	۵-۴	۵	۳۵	۵	۵-۴	۵-۴	۵	۵
۱۲	۵	۵-۴	۵	۳۶	۵	۵-۴	۵-۴	۵	۶-۵
۱۳	۵	۵	۵	۳۷	۵	۵-۴	۵	۵	۶-۵

جدول ۴: ادامه.

ثبات نوری	ثبات شستشویی	ثبات لکه گذاری روی پشم	ثبات لکه گذاری روی پنبه	نمونه رنگرزی شده با اسپرک	ثبات نوری	ثبات شستشویی	ثبات لکه گذاری روی پشم	ثبات لکه گذاری روی پنبه	نمونه رنگرزی شده با اسپرک
۶-۵	۵	۵	۵	۳۸	۵	۵-۴	۵	۵	۱۴
۶-۵	۵	۵	۵	۳۹	۵	۵-۴	۵	۵	۱۵
۶-۵	۴	۵	۵	۴۰	۵	۵-۴	۵	۵	۱۶
۶-۵	۴	۵	۵	۴۱	۵	۵-۴	۵	۵	۱۷
۶-۵	۴	۵	۵	۴۲	۵	۵-۴	۵	۵	۱۸
۶-۵	۴	۵	۵	۴۳	۵	۵-۴	۵	۵	۱۹
۶-۵	۵-۴	۵	۵	۴۴	۵	۵-۴	۵	۵	۲۰
۶-۵	۵	۵	۵	۴۵	۵	۵-۴	۵	۵	۲۱
۶-۵	۵-۴	۵-۴	۵	۴۶	۵	۵-۴	۵	۵	۲۲
۶-۵	۵-۴	۵	۵	۴۷	۶-۵	۴	۵-۴	۵	۲۳
۶-۵	۵-۴	۵	۵	۴۸	۶-۵	۵-۴	۵-۴	۵	۲۴



شکل ۲: فام رنگی نمونه‌های رنگرزی شده با ماده رنگرزی روناس با دندانه‌های مختلف.



روناس غالب گشته و سبب تغییر شدید فام روناس و کدروی آن می‌شود.

۸- استفاده از اسید استیک در رنگ‌رزی فام‌های حاصله را به سمت طیف زرد می‌برد (بدون حضور زاج سفید)، در زمان حضور توامان زاج سفید و اسید استیک فام رنگی به سمت طیف قرمز می‌رود و در حضور زاج سفید (بدون اسید) نیز مجدداً تغییر فام به سمت طیف زرد را می‌توان شاهد بود.

۹- با توجه به توضیحاتی که در بالا ذکر گردید، انار و اکالیپتوس ثبات قابل‌قبولی را از خود به جای می‌گذارند اما تأثیر شدید و غالب گونه‌ای در ترکیب با روناس دارند ولی نمونه رنگ‌رزی شده با آلوه‌ورا قرابت بسیاری با نمونه شاهد داشته و این روند در ترکیب با زاج سفید چندبرابر بیشتر می‌شود.

۱۰- اسید در همراهی با زاج سفید ثبات لکه‌گذاری را به علت جذب سطحی ماده رنگزا، کاهش می‌دهد ولی در ثبات شستشویی تغییری ایجاد نمی‌کند. بنابراین در هنگام استفاده از اسید استیک باید زاج سفید متناسب با آن و برعکس استفاده شود.

۱۱- در مقادیر ۱۰، ۳۰ و ۷۰ درصد روناس که بدون هیچ گونه مواد تعاونی (اسید و دندان) رنگ‌رزی شد، نزدیک‌ترین فام به نمونه شاهد را مجدداً آلوه‌ورا و اکالیپتوس بهترین ثبات را حتی از نمونه شاهد دارد.

۱۲- در درصد‌های پایین ماده رنگزای روناس (۱۰ درصد)، دندان طبیعی پوست انار می‌تواند به عنوان دندان طبیعی به کار گرفته شود، ترکیب با ۱ درصد زاج سفید نتیجه خیلی خوبی را نشان داد.

۱۳- حضور روناس و اکالیپتوس در یک حمام سبب کاهش اثر و عملکرد روناس می‌شود و از همین رو شاهد ثبات بهتر بودیم. همچنین توصیه نمی‌شود از درصد‌های بالای روناس (۷۰-۵۰) استفاده شود زیرا که حد نهایی فام روناس در ۳۰ درصد وزنی برای نمونه مرغوب روناس (که در این تحقیق استفاده شد) حاصل می‌شود. بهترین نتیجه از روناس ۳۰ درصد و اکالیپتوس ۱۰ درصد به دست آمد. البته می‌توان در جایگزینی با دندان زاج سفید از دندان کلرید قلع نیز استفاده نمود زیرا قرمزی و فام روناس در این روش تا حدودی حفظ می‌شود.

در شکل ۳ فام نهایی نخ‌های پشمی رنگ‌رزی شده با اسپرک با دندان‌های مختلف نشان داده شده است. برخلاف به کارگیری پوست انار و اکالیپتوس علیرغم نیاز به مقادیر کمتر از دندان‌های معدنی و بهبود ثبات شستشویی اما سبب تغییر فام رنگی شده که در نمونه‌های ۲۳، ۲۴ (شکل ۳) کاملاً مشهود است. اما استفاده از آلوه‌ورا به عنوان دندان بی‌رنگ نه تنها مقدار دندان مورد نیاز را کاهش داده بلکه فام رنگی را نیز بهبود بخشیده است.

مقایسه رنگ نمونه‌های شماره ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۲۴، ۴۴ و غیره با نمونه شماره ۱۰ (نمونه مرجع) در شکل ۳ نشان می‌دهد که استفاده از اکالیپتوس و انار نه تنها سبب کاهش استفاده از دندان زاج سفید شده، بلکه فام رنگی را نیز بهبود بخشیده است. حضور آلوه‌ورا در حمام رنگ‌رزی (نمونه شماره ۳۶) روی فام رنگی تأثیر سوء نگذاشته است. اندازه‌گیری ثبات‌ها نیز نتایج بسیار خوبی را نشان داد. استفاده از آلوه‌ورا نیاز به دندان فلزی را مرتفع می‌نماید. به طور کلی نتایج حاصل از رنگ‌رزی نخ‌های پشمی با ماده رنگزای گیاهی روناس در حضور دندان‌های گیاهی و معدنی مختلف با روش‌های رنگ‌رزی مختلف به شرح زیر است:

۱- دندان کلرید قلع به دلیل خاصیت فلززدایی در مقابل زاج سفید از شفافیت بیشتری برخوردار است و این امر موجب می‌شود تا کدورت و ماتی دندان طبیعی اکالیپتوس در ترکیب با روناس کاهش یافته و کاربرد را وسیع‌تر می‌کند.

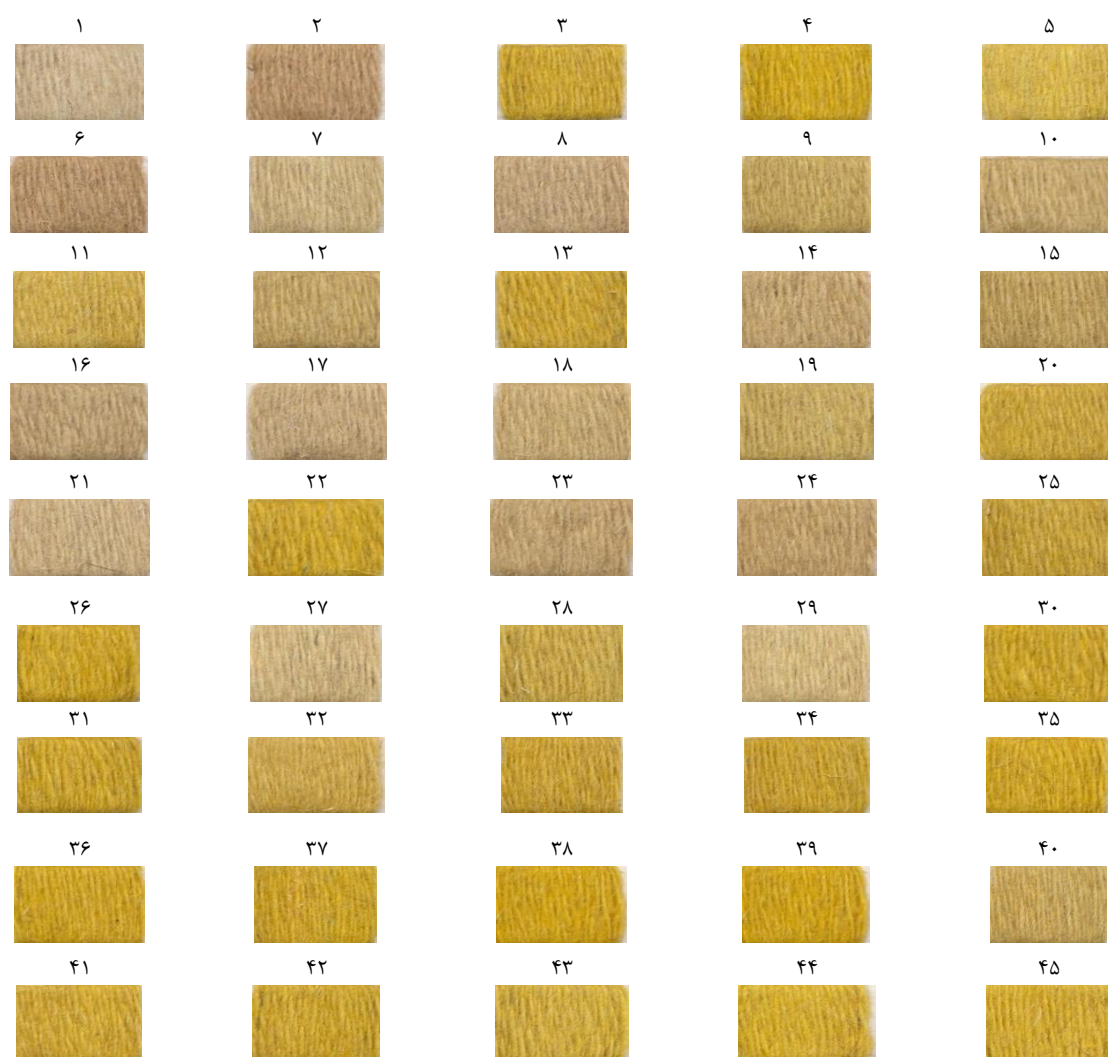
۲- میزان بهینه استفاده از اکالیپتوس به عنوان دندان طبیعی در حضور روناس ۱۰٪ پیشنهاد می‌شود و در درصد‌های بالاتر نتیجه چندان در بر ندارد به طوری که در مقدار ۲۰٪ سبب کاهش و جذب ماده رنگزای روناس و غلبه ماده رنگزای اکالیپتوس می‌شود. ۳- استفاده از دندان قلع، عمق رنگی نمونه‌ها را بیشتر می‌کند اما به جهت سهولت استفاده و ثبات نوری، زاج سفید آلومینیم ارجحیت دارد.

۴- دندان طبیعی آلوه‌ورا به دلیل بی‌رنگ بودن تأثیری در فام نداشته و به نمونه شاهد از نظر فام رنگی نزدیک‌تر است. لیکن از لحاظ ثبات شستشویی و لکه‌گذاری در رده بعد از اکالیپتوس با اختلاف اندکی قرار می‌گیرد.

۵- زمانی که دندان طبیعی مانند پوست انار بدون حضور زاج سفید مورد استفاده قرار گیرد جذب و عمق ماده رنگزا بیشتر شده اما ثبات‌های عمومی کاهش پیدا می‌کند و نشان دهنده این است که با بهره‌گیری از درصد‌های پایین زاج سفید (به طور مثال ۱ درصد) می‌توان به ثبات‌های قابل‌قبول رسید. مقدار ۱٪ زاج سفید در مقایسه با مقادیری که در کارگاه‌های رنگ‌رزی استفاده می‌شود گاه تا ۲۰٪ بسیار ناچیز است.

۶- با تفکیک دندان‌های طبیعی از دیدگاه رنگی و غیررنگی بودن که در این مقاله دندان‌های رنگی اکالیپتوس و پوست انار و دندان بی‌رنگ آلوه‌ورا مطالعه شد؛ دندان طبیعی اکالیپتوس در رنگ‌رزی روناس هم از لحاظ جذب و هم از لحاظ ثبات اثرات و نتایج قابل‌قبولی را نشان می‌دهد. انار در درجه دوم و بعد از اکالیپتوس قرار می‌گیرد. دندان بی‌رنگ آلوه‌ورا نیز نتایجی را از قبیل مشابهت زیاد رنگ نمونه با نمونه شاهد، ارائه داده است.

۷- میزان توصیه شده استفاده از دندان طبیعی پوست انار ۱۰ درصد می‌باشد، زیرا بیش از این مقدار فام رنگی پوست انار در ترکیب با



شکل ۳: فام رنگی نمونه‌های رنگ‌رزی شده با ماده رنگ‌زای گیاهی اسپرک با دندانه‌های مختلف.

ترتیب ۳۰ و ۳۰ می‌باشد، امکان این پیدا شد تا زاج سفید را به مقدار ۰,۵ درصد کاهش داده و نتیجه قابل قبولی را به دست آورد. ۴- در حضور زاج سفید به مقدار ۰,۱ تا ۰,۳ درصد، اضافه کردن مقدار ماده رنگ‌زا (۲۰+۳۰) تفاوتی را حاصل نمی‌کند و تنها سبب هدر رفتن رنگ‌زا می‌شود. اما این مساله در درصدهای بالاتر زاج سفید (۰,۷ تا ۱ درصد) نتیجه بهتری را در بردارد. ۵- استفاده از حداقل ۰,۷ درصد زاج سفید هم در رنگ‌رزی با دندانه‌های طبیعی و هم بدون حضور آنها برای داشتن ثبات‌های قابل قبول، پیشنهاد می‌شود. ۶- در رنگ‌رزی اسپرک به خصوص در مقدار درصدهای پایین وزنی ماده رنگ‌زا (۱۰ تا ۲۰) با توجه به اینکه دندانه اکالیپتوس روی فام رنگی نمونه موثر است پیشنهاد می‌شود از آلونه‌ها به دلیل بی‌رنگ بودن استفاده شود.

نتایج حاصل از رنگ‌رزی نمونه نخ‌های پشمی با ماده رنگ‌زای اسپرک در حضور دندانه‌های معدنی و گیاهی مختلف و همچنین روش رنگ‌رزی مختلف به شرح زیر است:

۱- در نمونه‌هایی که با ماده رنگ‌زای اسپرک رنگ‌رزی شدند، بین مقادیر زاج سفید از ۰,۱ تا ۲,۵ درصد، بهترین بازده رنگ‌رزی مربوط به نمونه‌ای است که با ۰,۷ درصد زاج سفید رنگ‌رزی شده که علاوه بر فام رنگی مناسب، ثبات قابل قبولی را نیز فراهم کرده است.

۲- در نمونه رنگ‌رزی شده با ۳۰ درصد اسپرک به همراه ۱۰ درصد اکالیپتوس، استفاده از ۱,۵ درصد زاج سفید نتیجه و ثبات قابل قبولی را فراهم می‌کند و اضافه شدن مقدار دندانه زاج سفید بیش از ۱,۵ درصد اثری در افزایش ثبات‌ها ندارد.

۳- در گروه ماده رنگ‌زای اسپرک به همراه آلونه‌ها که درصدها به

شد. نتایج اندازه‌گیری مقادیر رنگی برای نخ‌های پشمی رنگ‌رزی شده با روناس و اسپرک به ترتیب در جدول‌های ۵ و ۶ آمده است.

اندازه‌گیری مقادیر رنگی نخ‌های رنگ‌رزی شده با روناس، برای نمونه‌هایی که تغییر فام از رنگ قرمز نداشته و به طور چشمی رنگ همانند بودند، انجام شد.

نمونه‌های شماره ۲۱، ۱۳ و ۳۰ برای مشاهده رنگ اصلی که از گیاهان اکالیپتوس، پوست انار و آلوئه‌ورا روی پشم ایجاد می‌شود تهیه شدند تا مشخص شود به طور کلی دندان‌های به کار رفته چه فامی را روی نخ پشمی ایجاد می‌نمایند. نمونه شماره ۲۱ تغییر رنگ فاحشی را نسب به دو نمونه دیگر نشان می‌دهد، لذا استفاده از اکالیپتوس برای جایگزینی دندان زاج سفید مخصوصا در مقادیر کم ماده رنگزا، باید با احتیاط صورت پذیرد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از اکالیپتوس سبب کاهش مقدار قرمزی شده، مثلا در دو نمونه ۱۵ و ۲۷ که با ۳۰ درصد ماده رنگزای روناس و به ترتیب در حضور ۱۰ درصد پوست انار و اکالیپتوس رنگ‌رزی شدند، مقدار قرمزی در نمونه ۲۷ کمتر از نمونه شماره ۱۵ است.

۷- اضافه کردن اکالیپتوس برای رنگ همانندی با فام نمونه شاهد، باعث افزایش مصرف زاج سفید می‌شود، اما در خصوص آلوئه‌ورا با کاهش مصرف دندان زاج سفید روبرو هستیم و در نتیجه می‌توان اینگونه عنوان کرد که برای کاهش مصرف زاج سفید، استفاده از آلوئه‌ورا جایگزین خوبی خواهد بود.

۸- استفاده از پوست انار و اکالیپتوس به عنوان دندان‌های طبیعی در رنگ‌رزی با اسپرک توصیه نمی‌شود زیرا این دندان‌ها خود در گروه مواد رنگزای طبیعی با فام بژ تا زرد قرار می‌گیرند و در فام نهایی نمونه‌ها تأثیرگذار هستند.

۹- در رنگ‌رزی (نمونه شاهد) به روش پیش‌دندان و هم‌زمان عمق رنگی مناسبی را در فام نهایی فراهم می‌کند. روش پس‌دندان سبب تخریب ماده رنگزای اسپرک و کدر شدن فام زرد می‌شود. پس از بررسی نتایج بدست آمده از سنجش ثبات‌ها، نمونه‌هایی که ثبات‌ها و فام‌های قابل قبول (از نظر مقایسه چشمی) داشتند، برای مراحل بعدی آزمایش استفاده شدند. برای نمونه نخ‌های پشمی رنگ‌رزی شده با اسپرک و روناس با دندان‌های گیاهی مورد نظر که دارای فام رنگی و ثبات‌های قابل قبول بودند، مقادیر رنگی اندازه‌گیری

جدول ۵: مقادیر رنگی اندازه‌گیری شده برای نمونه‌های منتخب نخ پشمی رنگ‌رزی شده با روناس.

شماره نمونه	L*	a*	b*	K/S	شماره نمونه	L*	a*	b*	K/S
۱	۴۹,۷۵۸	۲۵,۹	۲۰,۷۷۶	۶,۸۸۹	۲۵	۳۰,۲۲۵	۲۸,۸۵۷	۱۶,۳۶۹	۲,۶۹۲
۲	۴۷,۰۵۳	۲۳,۹۰۵	۲۴,۸۴۹	۹,۲۴۶	۲۰	۵۴,۶۵۹	۲۰,۸۵۳	۱۵,۶۱۶	۱۳,۱۵۷
۳	۴۷,۸۰۴	۳۵,۲۹۲	۱۷,۲۱۹	۸,۷۴۷	۲۳	۵۰,۲۹۳	۲۲,۶۳۷	۲۰,۳۷۷	۱۰,۸۹۴
۱۸	۵۸,۴۴۸	۲۸,۱۵۳	۲۵,۷۳۶	۱۵,۸۷۸	۲۲	۳۵,۰۴۵	۳۱,۷۱۷	۲۲,۹۶۱	۴,۴۲۷
۱۹	۵۰,۰۴۰	۳۳,۳۶۹	۲۳,۱۴۵	۱۰,۵۶۶	۴۸	۳۸,۴۵۸	۳۱,۱۶۷	۲۴,۵۹۴	۵,۶۱۰
۸	۵۸,۰۲۸	۶,۴۶۵	۲۶,۹۹۴	۱۳,۸۸۴	۲۵	۳۲,۲۵۲	۲۷,۷۱۴	۱۵,۵۸۲	۳,۳۰۹
۹	۴۹,۸۸۴	۲۳,۶۵۶	۱۶,۹۸۲	۱۰,۳۷۹	۲۷	۳۸,۶۰۴	۲۷,۸۸۶	۱۴,۶۹۹	۵,۴۹۸
۱۰	۳۸,۷۷۸	۳۷,۷۶۱	۲۸,۰۶۲	۵,۲۳۰	۲۸	۴۲,۱۱۷	۳۰,۰۱۶	۲۵,۳۲۶	۷,۲۹۸
۱۴	۳۲,۵۶۷	۲۸,۲۵۵	۱۶,۲۳۶	۳,۳۴۱	۲۱	۵۴,۹۸۰	۵,۷۳۳	۲۶,۱۳۱	۱۲,۲۵۴
۱۵	۳۵,۸۲۹	۲۷,۹۷۵	۱۶,۹۴۰	۴,۴۱۱	۳۲	۷۰,۰۷۳	۴,۹۸۹	۱۴,۳۸۵	۲۰,۷۰۸

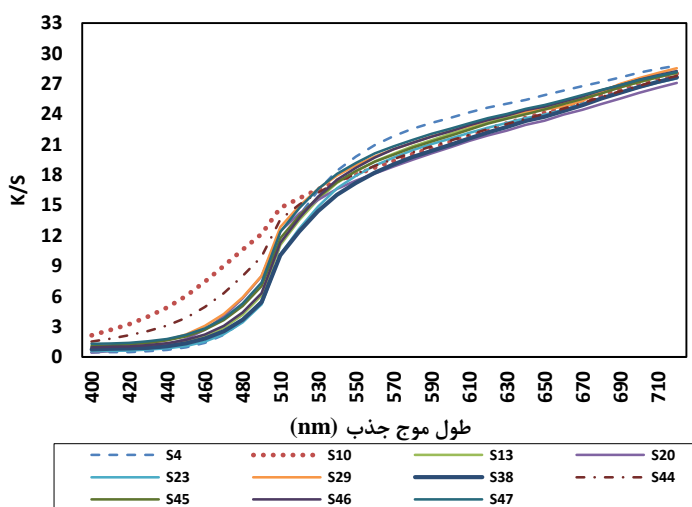
جدول ۶: مقادیر رنگی اندازه‌گیری شده برای نمونه‌های منتخب نخ پشمی رنگ‌رزی شده با اسپرک.

شماره نمونه	L*	a*	b*	K/S	شماره نمونه	L*	a*	b*	K/S
۴	۶۸,۸۳۲	۵,۷۰۵	۶۷,۴۸۹	۸,۶	۳۸	۶۰,۵۹۳	۶,۳۲۶	۶۴,۳۵۹	۱۰,۰۵
۱۰	۳۶,۳۵۵	۱,۱۶۸	۶۷,۳۷۴	۱۴,۷۲	۴۴	۴۵,۶۶۴	۲,۲۱۳	۶۶,۷۵۵	۱۳,۶۱
۱۳	۶۰,۸۳۲	۵,۲۹۶	۶۵,۹۴۸	۱۴,۷۲	۴۵	۵۷,۰۴۹	۴,۴۱۷	۶۶,۲۰۳	۱۱,۷۴
۲۰	۵۶,۱۵۶	۲,۲۲۱	۶۵,۳۳۵	۱۱,۱	۴۶	۶۰,۴۵۷	۵,۱۲۶	۶۶,۴۰۲	۱۱,۳
۲۳	۶۴,۰۴۳	۶,۰۹۲	۶۵,۰۵۵	۱۲,۴۵	۴۷	۵۷,۴۷۱	۳,۷۷۲	۶۷,۲۲۷	۱۲,۳۷
۲۹	۵۶,۵۸۳	۲,۸۵۶	۶۷,۱۶۵	۱۰,۱۳					

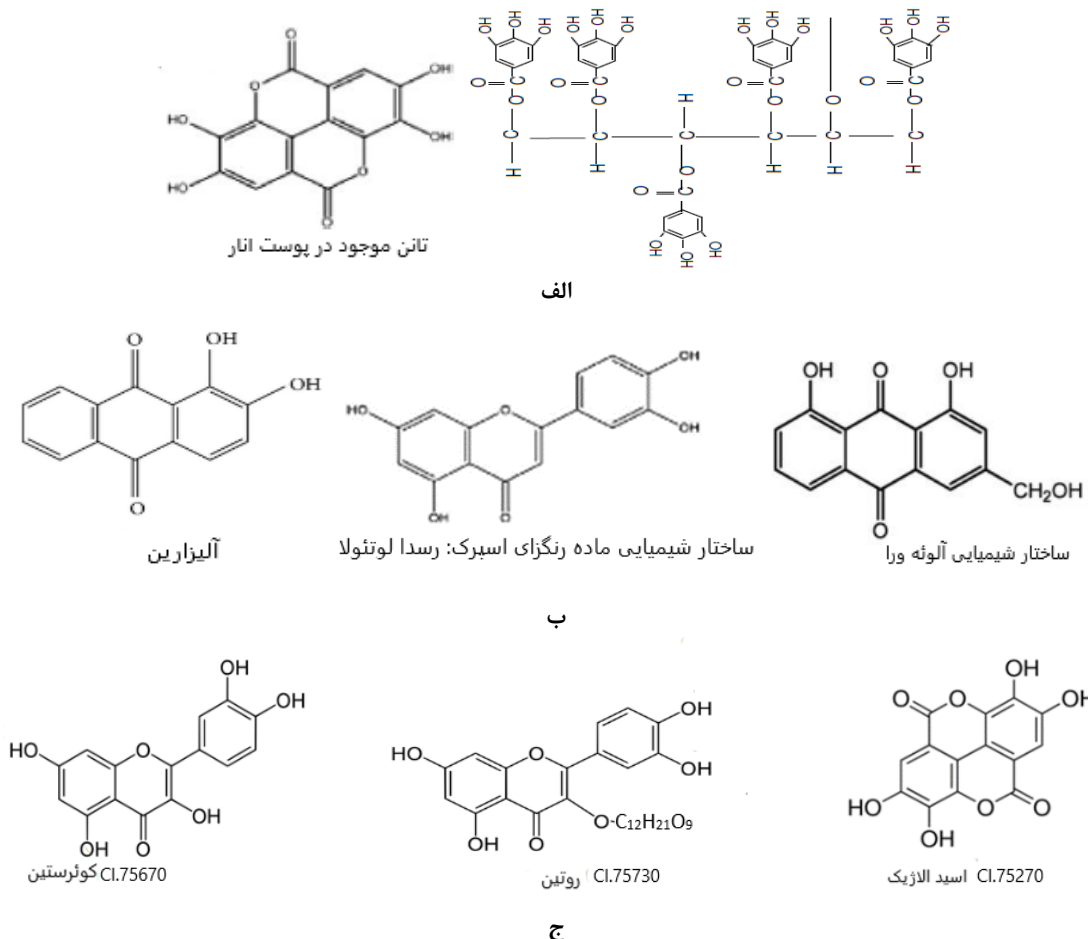
مواد رنگزای طبیعی که دارای ساختارهای شیمیایی متعدد مخصوصاً تانن‌ها هستند، به دلیل تعدد اکسوکروم‌های موجود در ساختارشان کمپلکس‌های داخلی بزرگ‌تری را با لیف تشکیل می‌دهند که سبب افزایش ثبات‌های تر بالا می‌شود. به همین دلیل ثبات شست و شویی بیشتری در نتیجه استفاده از کمپلکس ماده رنگزا -دندانه فلزی-دندانه گیاهی مشاهده می‌شود. اکالیپتوس شامل گالیک و اسید الاژیک است به همراه فلاونوئیدها مانند کوئرستین و روتین که هر دوی این ترکیبات به دلیل توانایی‌شان در تثبیت ماده رنگزا روی لیاف، در حین فرآیند رنگرزی گیاهی از اهمیت بالایی برخوردارند. تانن استخراج شده از گیاهان دارای ساختار بی‌شکل و شامل تانن‌های پلی فنولیک با ساختار مولکولی بزرگ شامل گالوتانن‌های قابل آبکافت در آب و اسید تانیک و مواد غیرتاننی نظیر فلاون‌ها و صمغ غیره هستند. به دلیل ساختار تانن‌ها و قابل حل بودنشان در آب واکنش‌های فنولی را نظیر عملکرد دندانه‌های فلزی، با لیاف انجام می‌دهند [۱۷]. ساختار مولکولی گیاه آلون‌ه‌ورا، اکالیپتوس و تانن‌های محلول در آب در شکل ۵ نشان داده شده است. حضور گروه‌های هیدروکسی در کوئرستین ثبات نوری را کاهش می‌دهد به این دلیل نمونه‌هایی که در حضور اکالیپتوس با روناس یا اسپرک رنگرزی شدند، نسبت به سایر نمونه‌ها ثبات نوری کمتری را نشان دادند [۲۱]. همان‌طور که در شکل ۶ الف نشان داده شده است پیوند بین گروه‌های هیدروکسی و کربونیل از ماده رنگزا و یا تانن‌ها با گروه‌های آمین در لیف پشم به آسانی تشکیل می‌شود، قرارگیری فلز چندظرفیتی از دندانه فلزی به مستحکم‌تر شدن این کمپلکس کمک می‌کند.

مقایسه دو نمونه ۲۱ و ۳۰ نشان می‌دهد برخلاف مقدار قرمزی بیشتر در نخ رنگرزی شده با آلون‌ه‌ورا در مقایسه با اکالیپتوس، به دلیل روشنایی بیشتر نمونه شماره ۲۱ نسبت به نمونه شماره ۳۰ رنگ نهایی به طور دقیق از نظر قرمزی قابل قیاس نیست. با افزایش مقدار روناس تا ۷۰٪ تاثیر مثبت آلون‌ه‌ورا در مقایسه با اکالیپتوس و پوست انار که منجر به افزایش مقدار زردی شده، بیشتر محسوس است. در نمونه شماره ۲۰ استفاده از اکالیپتوس بدون دندانه دیگر رنگ اصلی نمونه را بسیار تغییر داده، چنانچه میزان قرمزی در این نمونه بسیار کم شده است. همچنین نمونه‌های ۳۳ و ۳۴ نیز میزان قرمزی، یعنی فام اصلی روناس، تغییر زیادی را نشان داده و مقدار آن نسبت به سایر نمونه‌ها کم‌تر شده است. فام رنگی این نمونه‌ها همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ۲ نیز مشخص است نسبت به قرمز روناسی خیلی فرق کرده است. همچنین مقایسه نمونه ۲۴ و ۴۰ نشان می‌دهد که در حالیکه ثبات‌های این دو نمونه یکسان بوده اما فام رنگی در حالت دندانه زاج سفید بهتر از کلرید قلع است. مقادیر رنگی برای نمونه‌های نخ پشمی رنگرزی شده با اسپرک و دندانه‌های گیاهی در جدول ۶ آمده است. همچنین مقدار جذب برای نمونه‌های رنگرزی شده با گیاه اسپرک در شرایط مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است.

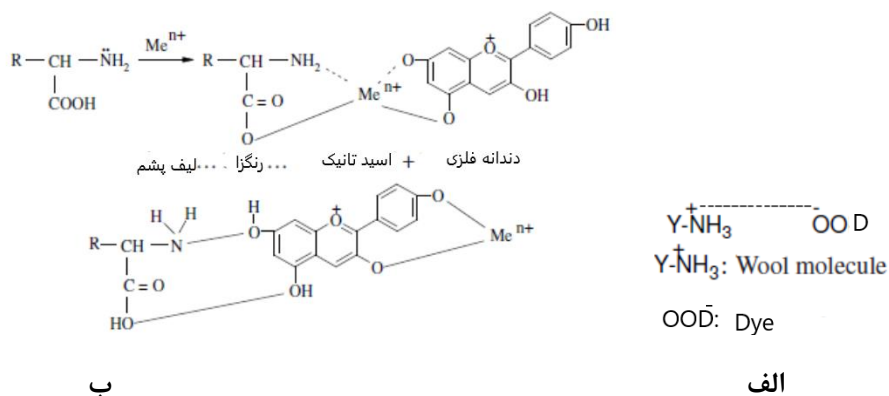
همان‌طور که نمودار جذب در شکل ۲ نشان می‌دهد استفاده از گیاهان تانن دار و یا آلون‌ه‌ورا تغییر خاصی در نمودار جذبی نشان نمی‌دهد. فقط نمونه شماره ۴ در طول موج‌های بلندتر جذب بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها را داشته که آن هم به دلیل استفاده از زاج سفید بیشتر (۰.۴) نسبت به سایر نمونه‌ها بوده است.



شکل ۴: مقادیر جذب در طول موج نور مرئی در نمونه نخ‌های پشمی رنگرزی شده با گیاه اسپرک و دندانه‌های مختلف.



شکل ۵: ساختار شیمیایی الف: تانن‌های محلول در آب، ب: آلوه ورا، روناس و اسپرک و ج: ساختارهای شیمیایی موجود در گیاه اکالیپتوس [۹۰، ۱۷، ۲۱، ۲۵].



شکل ۶: نحوه اتصال مولکول لیف پشم، ماده رنگزا و دندان [۱۷، ۲۰].

توجه به ثبات نسبتاً قابل قبولی که کاربرد آلوه ورا با ساختار پلی‌فنولیک در غیاب دندان فلزی ایجاد می‌کند، نقش پیوندهایی که بین گروه‌های هیدروکسی از دندان گیاهی با گروه‌های هیدروکسی روی ساختار آلیزارین و لوتولا از ماده رنگزا و لیف ایجاد شده مشخص می‌شود.

کمپلکس بین لیف، دندان فلزی، تانن و ماده رنگزا در شکل ۶ (ب) نشان داده شده است. ترکیبات فلاونوئیدی در گیاهان زیاد است. روتین و کوئرستین ترکیبات فنولی درون اکالیپتوس هستند که در کروموفورهای فلاون موجود است. فلاون‌ها ترکیباتی هستند که در حضور فلزات سنگین کمپلکس‌های پایداری را تشکیل می‌دهند. با

نمی‌تواند برای تمام فام‌های رنگی مورد تقاضا، پیشنهاد شود. کاربرد دندانه‌های گیاهی اکالیپتوس و آلوئه‌ورا برای جایگزینی دندانه‌های فلزی نسبت به پوست انار نتایج بهتری را نشان می‌دهند. علاوه بر این استفاده از اکالیپتوس، پوست انار و آلوئه‌ورا به عنوان دندانه به دلیل اینکه گروه‌های فنلی و هیدروکسی زیادی در ساختار خود دارند که پیوندهای متعددی را با مولکول ماده رنگزا ایجاد می‌کنند و به دلیل تشکیل کمپلکس حجیم بین رنگزا - لیف - دندانه سبب افزایش ثبات‌های تر می‌شوند. در تحقیق حاضر دندانه زاج سفید نتایج بهتری را از نظر کیفیت رنگریزی حاصل کرد. اکالیپتوس حتی به میزان ۱۰٪ فام نمونه‌های رنگریزی شده با اسپرک را تغییر می‌داد. که با توجه به فام نهایی نمونه‌ها استفاده از دندانه گیاهی آلوئه‌ورا برای بهبود ثبات‌های رنگی و جایگزینی با دندانه‌های معدنی مخصوصا برای گیاه اسپرک پیشنهاد می‌شود. کاربرد و استفاده از دندانه گیاهی آلوئه‌ورا نه تنها در بهبود فرآیند رنگریزی و ثبات‌ها موثر است بلکه به دلیل آنکه در روی فام ماده رنگزا تأثیری ندارد، بدون محدودیت برای تمام مواد رنگزا با هر فام رنگی می‌تواند استفاده شود. در این پژوهش با استفاده از ترکیب آلوئه‌ورا و گیاهان تانن‌دار، مقدار دندانه زاج سفید به کمتر از ۱٪ کاهش یافت حضور مقدار بسیار کمی از دندانه فلزی به دلیل مشارکت در تشکیل کمپلکس پایدار بین اجزای رنگریزی ثبات‌ها را افزایش داد. در حالی که میزان مصرف این دندانه در صنعت تا حدود ۲۰٪ هم گزارش شده است. با توجه به مشکلات زیست‌محیطی که فلزات سنگین به همراه می‌آورند و نتایجی که در این تحقیق حاصل شد نشان داد که استفاده از دندانه‌های فلزی برای افزایش ثبات‌های عمومی رنگریزی تا میزان قابل توجهی با استفاده از گیاهان تانن‌دار و یا دارای ساختار پلی فنولیک قابل کاهش هستند.

#### تشکر و قدردانی

این مقاله از طرح خرد پژوهشی که در دانشگاه هنر به اتمام رسید، استخراج شده و منابع مالی آن نیز توسط دانشگاه هنر تامین شده است.

1. M. Gias Uddin, Effects of different mordants on silk fabric dyed with onion outer skin extracts. *J. Text.* Article ID 405626, (2014), 1-8.
2. ز. احمدی، امکان‌سنجی جایگزینی دندانه‌های گیاهی با دندانه‌های معدنی در رنگریزی طبیعی به منظور بهبود کیفیت رنگریزی و کاهش آلودگی زیست محیطی دانشگاه هنر، معاونت پژوهشی ۹۶-۹۵.
3. N. Shayegh, Z. Ahmadi, Effect of metal salt in natural dyeing: concentration, kind and processing method, 12th

جدول ۷: نسخه بهینه استفاده از دندانه گیاهی پوست انار، اکالیپتوس و آلوئه‌ورا در حضور روناس و اسپرک.

مقدار ماده رنگزا (اسپرک یا روناس) %	زاج سفید (%)	اکالیپتوس (%)	آلوئه‌ورا (%)	پوست انار (%)
۱۰	۰,۲ - ۰,۱	-	۳۰ و بالاتر	-
۳۰	۰,۳ - ۰,۵	<۱۰	۳۰ و بالاتر	<۱۰
۷۰	۰,۷ - ۱	<۱۰	۳۰ و بالاتر	<۱۰

در گذشته تانن‌ها را برای افزایش جذب ماده رنگزا استفاده می‌کردند و همین امر سبب شده که امروزه نیز در بسیاری از کارگاه‌های سنتی از مقدار خیلی زیادی دندانه فلزی استفاده کنند. مقدار بیش از حد دندانه‌های فلزی سبب بروز مسمومیت‌هایی در کاربر، مشکلات زیست‌محیطی و زبر شدن زیر دست کالا می‌شود چه بسا که کدری رنگ و یا حتی تغییر رنگ را نیز به همراه دارند. در نمونه نخ‌های رنگریزی شده با روناس و اسپرک ثبات‌ها با استفاده از مقدار جزئی از دندانه فلزی در حضور اکالیپتوس، پوست انار و یا آلوئه‌ورا بهتر شد زیرا مقدار جزئی از دندانه فلزی در تشکیل کمپلکس بین تانن، ماده رنگزا و لیف پشم نقش مهمی دارد. بنابراین با کمینه کردن مقدار دندانه فلزی در حضور گیاهان تانن‌دار و یا آنها که دارای ساختار پلی فنولیک هستند می‌توان به ثبات‌های قابل قبول حتی با حفظ فام اصلی ماده رنگزا دست یافت. به طور کلی نسخه‌های پیشنهادی برای کاهش و یا حذف دندانه‌های با معدنی با دندانه گیاهی آلوئه‌ورا، اکالیپتوس و پوست انار به شرح جدول ۷ می‌باشد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

نتایج بررسی رنگریزی نمونه‌های نخ پشمی با دو ماده رنگزای گیاهی اسپرک و روناس نشان داد که کاربرد دندانه‌های گیاهی پوست انار و اکالیپتوس به دلیل آنکه در فام نهایی نمونه‌ها تأثیرگذار هستند،

#### ۵- مراجع

- ATC, China Shanghai, 2013.
4. Z. Ahmadi, A. Shahedi, B. Esmaeili, S. Noohi, Evaluation of Herbal mordant efficiency and its interaction with different natural dyes in the woolen yarns dyeing process, 14 th ATC, Hong Kong, June 2017.
5. م. شاه پروری، س. صفاپور، ک. قرنجیگ، بررسی سازگاری مواد رنگزای طبیعی جاشیر، روناس و پوست انار در رنگریزی نخ پشمی. *مجله علمی علوم و فناوری رنگ*. (۱۳۹۸)، ۳۷-۲۵.

6. K. Sangeetha 1, R. Gomathi, M. Bhuvaneshwar, Dyeing of silk fabric using lemon leaves extract with the effect of different mordants, *Inter. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.* 4(2015), 4692-4697.
۷. ح بارانی، ز جمشیددوست. س رفیعی، بهینه‌سازی شرایط رنگرزی الیاف پشمی با گلبرگ زعفران جهت کسب شید آبی. *مجله علمی علوم و فناوری رنگ.* (۱۳۹۵)، ۱۰، ۲۶۶-۲۵۹.
8. M. Yusuf, F. Mohammad, M. Shabbir, M. Ali Khan, Eco-dyeing of wool with rubia cordifolia root extract: assessment of the effect of acacia catechu as biomordant on color and fastness properties. *Text. Cloth. Sustain.* 2(2017), 1-9.
9. Y. Mohd, Sh. Mohammad, I. Kh. Mohd, A. Shafat, A. Mohd, M. Faqeer, Dyeing studies with henna and madder: a Researchon effect of tin (II) chloride mordant. *J. Saudi Chem. Soc.* 19(2015), 64-72.
10. A. Moiz, M. Aleem Ahmed, N. Kausar, K. Ahmed, M. Sohail, Study the effect of metal ion on wool fabric dyeing with Tea as natural dye. *J. Saudi Chem. Soc.* 14(2010), 69-76.
11. S. M. Burkinshaw, N. Kumar, The Mordant dyeing of wool using tannic acid and FeSO<sub>4</sub>, Part 1: initial findings, *Dyes Pigm.* 80(2009), 53-60.
12. K. H. Prabhu, and M. D. Teli, Eco-Dyeing using Tamarindus indica L. Seed coat Tannin as a natural mordant for Textiles with Antibacterial Activity. *J. Saudi Chem. Soc.* 18(2011), 864-872.
13. A. S. M. Raja, G. Thilagavathi, Dyes from the leaves of deciduous plants with a high tannin content for wool. *Color. Technol.* 124(2008), 285-289.
14. N. Rungruangkitkrai, R. Mongkholrattanasit, Eco-Friendly of textiles dyeing and printing with natural Dyes, The 4<sup>th</sup> RMUTP International conference: Textiles and Fashion, 2014.
15. Sh. Shahidi, Effect of metallic salts on dye ability of cotton fabrics. *Text. Sci. Tech. Text. J.* 5(2010), 1-12.
16. A. Haji, Dyeing of wool with natural cationic dye using metal mordants. *Mater. Sci.* 18(2012), 267-270.
17. G. Gumrukcu and M. Üstun Özgür, Effect of tannic acid and metal salts on dyeing of woollen fabrics with red onion (*Alliumcepa* L.). *Asian J. Chem.* 23(2011), 1459-1466.
18. L. Makokha Wangatia, K. Tadesse, S. Moyo, Mango bark mordant for dyeing cotton with natural dye: fully eco-friendly natural dyeing. *Int. J. Text. Sci.* 4(2015), 36-41.
19. N. S. E. Ahmed, S. H. Nassar, R. M. El-Shishtaw, Novel green coloration of cotton fabric. Part I: bio-mordanting and dyeing characteristics of cotton fabrics with madder, Alkanet, Rhubarb and Curcumin Natural Dyes. *Egypt. J. Chem.* 63(2020), 1605 - 1617.
20. P. A. G. Wanyama, B. T. Kiremire, P. Ogowok, J. S. Murumu, The effect of different mordants on strength and stability of colour produced from selected dye-yielding plants in uganda. *Appl. Sci. Technol.* 1(2010), 81 - 92.
21. C. Klaichoi, N. Rungruangkitkrai, N. Punrattanasin, K. Sriharuksa M. Nakpathom, R. Mongkholrattanasit, Dyeing studies with *Eucalyptus*, quercetin, Rutin, and Tannin: A research on effect of ferrous sulfate mordant. *J. Text.* (2013)2013, 1-7.
22. N. Ashrafi , K. Gharanjig , M. Hoseinnezhad , M. Khajeh Mehrizi , H. Imani, Dyeing properties and color fabrics using natural dye and mordan. *Prog. Color Colorants Coat.* 11(2018), 79-83.
۲۳. آ. صنعتی ایرانی، ز. احمدی، کاربرد رنگزای طبیعی در چاپ سیلک در راستای تولید پوشاک سبز نوزادان، دهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۵.
24. S. Grace Annapoorani, S. Divya, Extraction of eco-Friendly natural dyes obtained from Aloe Vera, green chirayta and indian whitehead leaves and their application on cotton fabric, International. *Int. J. interdiscip. res. innov.* 3(2015), 35-38.
25. M. Mirjalili, Kh. Nazarpour, L. Karimi, Eco-friendly dyeing of wool using natural dye from weld as co-partner with synthetic dye. *J. Clean. Prod.* 19(2011), 1045-1051.